

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01141424.3

[43] 公开日 2002 年 5 月 1 日

[11] 公开号 CN 1347190A

[22] 申请日 2001.9.24 [21] 申请号 01141424.3

[30] 优先权

[32] 2000.9.27 [33] JP [31] 2000-295203

[71] 申请人 株式会社村田制作所

地址 日本国京都府

[72] 发明人 细谷达也 竹村博 冈本康司

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

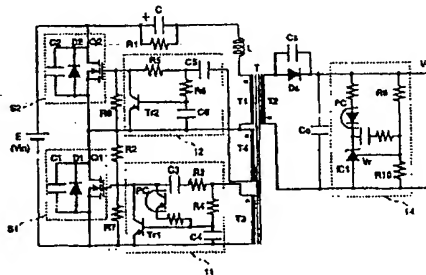
代理人 朱海波

权利要求书 4 页 说明书 20 页 附图页数 8 页

[54] 发明名称 具有串联电容的开关电源

[57] 摘要

一种开关电源设备可以减小开关损耗以获得高效率。另外,通过把变压器制得紧凑和轻便,可以减少控制电路的部件数目以及开关元件的成本。在该开关电源设备中,由变压器的初级线圈、电感器和电容器所形成的串联电路的一端连接到第一开关电路和第二开关电路的连接点。该串联电路的另一端连接到一个输入电源。该变压器的次级线圈连接到包括整流元件的整流和平滑电路。另外,为了执行自激振荡,设置第一和第二控制电路。该第一控制电路控制从该变压器的第一驱动线圈中产生电压之后到第一开关电路导通的时间段,以及到第一开关电路截止的时间段。类似地,该第二控制电路控制从该变压器的第二驱动线圈中产生电压之后到第二开关电路导通的时间段,以及到第二开关电路截止的时间段。



# 权 利 要 求 书

1. 一种开关电源设备，包括：

5       由第一开关元件、第一二极管和第一电容器的并联电路所形成的第一开关电路；

      由第二开关元件、第二二极管和第二电容器的并联电路所形成的第二开关电路，该第一和第二开关电路形成一个串联电路；

      一个连接到该串联电路的输入电源；

10       包括初级线圈和次级线圈的变压器；

      该初级线圈、泄漏电感器和电容器形成一个串联电路，该串联电路的一端连接到第一开关电路和第二开关电路的连接点，并且另一端连接到输入电源；

      一个整流和平滑电路包括整流元件，该整流和平滑电路连接到变压器的次级线圈；

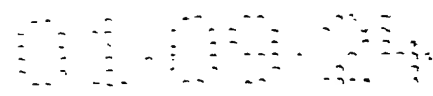
      在第一开关元件的导通周期中在初级线圈和电容器中累积能量，并且在第一开关元件的截止周期中从次级线圈获得一个输出，第一开关元件的导通时间被控制，使得输出功率得到控制；

      第一驱动线圈包含在该变压器中，以产生基本上与初级线圈的电压成比例的一个电压，用于导通第一开关元件；

      第二驱动线圈包含在该电压器中，以产生基本上与初级线圈的电压成比例的一个电压，以导通第二开关元件；以及

      开关控制电路交替地导通和截止第一和第二开关元件，在开关元件都截止的时间段之后，该开关控制电路使第一和第二开关元件交替地导通，在开关元件都截止的时间段之前，开关控制电路交替地截止第一和第二开关元件，在第二开关元件和整流元件都截止之后，使第一开关元件导通，从而执行自激振荡。

2. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，每个开关控制电路包括一个电阻器或者由电阻器和电容器组成的串联电路所形成的一个延迟电路，该电阻器或延迟电路被分别置于第一驱动线圈和第一



开关元件的控制端之间，以及在第二驱动线圈和第二开关元件的控制端之间；

5 其中，在每个第一和第二驱动线圈中产生导通每个第一和第二开关元件的基本上与初级线圈的电压成比例的电压之后，经过一段延迟时间，每个第一和第二开关元件被导通。

3. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，第一个开关控制电路包括用于截止第一开关元件的第一开关单元，以及控制第一开关的时间常数电路，使得在第一驱动线圈中产生导通该第一开关元件的基本上与初级线圈的电压成比例的电压之后经过预定的时间段，由该  
10 第一开关使第一开关元件截止。

4. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，第二开关控制电路包括用于截止第二开关元件的第二开关单元，以及控制第二开关的时间常数电路，使得在第二驱动线圈中产生导通该第二开关元件的基本上与初级线圈的电压成比例的电压之后经过预定的时间段，由该第  
15 二开关使第二开关元件截止。

5. 根据权利要求 3 所述的开关电源设备，其特征在于，第一开关单元包括连接到第一开关元件的控制端的一个晶体管，该晶体管的控制端连接到由第一阻抗电路和充电/放电电容器所构成的时间常数电路。

6. 根据权利要求 4 所述的开关电源设备，其特征在于，第二开关单元包括连接到第二开关元件的控制端的一个晶体管，该晶体管的控制端连接到由第二阻抗电路和充电/放电电容器所构成的时间常数电路。  
20

7. 根据权利要求 5 所述的开关电源设备，其特征在于，构成每个时间常数电路的第一阻抗电路的阻抗可以根据次级线圈的输出功率之一或者响应一个外部信号而改变。

8. 根据权利要求 6 所述的开关电源设备，其特征在于，构成每个时间常数电路的第一阻抗电路的阻抗可以根据次级线圈的输出功率之一或者响应一个外部信号而改变。  
25

9. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，进一步包括包含一个电阻器的第二阻抗电路，该第二阻抗电路至少连接到该串联电路的串联电容器的两端或者连接到该串联电路的两端之一，以通过该  
30

第二阻抗电路把一个输入电压施加到第一开关电路。

10. 根据权利要求 9 所述的开关电源设备，其中进一步包括包含一个电阻器的第三阻抗电路，以对通过第二阻抗电路施加到第一开关电路的输入电压进行分压，并且把分压后的电压施加到第一开关元件的控制端，以启动一个自激振荡。

11. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，进一步包括与整流元件相并联的一个输出侧电容器，选择该输出侧的电容器的电容阻抗值，使得当第二开关元件和整流元件都截止时，输出侧电容器与变压器的泄漏电感产生谐振，并且在输出侧电容器两端的电压波形具有基本上类似于一部分正弦波的波形，从零电压处上升，或下降到零电压。

12. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，整流元件是用一个控制信号控制开关操作的开关元件。

13. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，该开关元件是场效应晶体管。

14. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，该电感包括至少变压器的泄漏电感和与初级线圈串联的外部电感中的一个，其中该电感在第一开关元件的截止时间中与串联电容器产生谐振，以使得通过初级线圈的电流波形具有基本上类似于部分正弦波的波形。

15. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，第一开关控制电路在第一电容器上的电压下降到零或接近于零之后导通第一开关元件。

16. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，第二开关控制电路在第二电容器上的电压下降到零或接近于零之后导通第二开关元件。

17. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，在流过第二开关元件的电流基本上为零时，第二开关控制电路截止第二开关元件。

18. 根据权利要求 1 所述的开关电源设备，其特征在于，选择串联电容器和电感器的数值，使得在流过整流元件的电流波形从零上升并且到达电流变化率为零的峰值点之后，该波形再次下降到基本上零电流

点，在此时整流元件被截止。

19. 根据权利要求 1 所述的开关单元设备，其特征在于，控制该开关控制电路，使得在变压器的一个反向方向上的激励量与其正向方向上的激励量的比率根据连接到整流和平滑电路的输出端的负载大小而改变。

5

20. 根据权利要求 1 所述的开关单元设备，其特征在于，控制该开关控制电路，使得在变压器的相反方向上的激励量为零或基本上为一个预定的固定值，而与连接到整流和平滑电路的输出端的负载大小无关。

10

21. 根据权利要求 1 所述的开关单元设备，其特征在于，一个开关控制电路可以把该开关元件的导通时间设置为一个最小值，以便于即使在连接到整流和平滑电路的输出端的负载被短路的状态下也可以执行开关操作。

## 具有串联电容的开关电源

5

## 发明领域

本发明涉及一种用于提供直流稳定电压的开关电源。更加具体来说，本发明涉及一种开关电源，它在开关元件的导通周期中在变压器的初级线圈和电容器中存储能量，并且在开关元件的截止周期中把所存储的能量从变压器的次级线圈提供到一个负载。

10

## 现有技术

在日本专利申请 9-352696 中，提供一种开关电源设备，其中第一开关电路连接到变压器 T 的初级线圈侧的第二开关电路，以及在两个开关元件截止之前和之后的周期中，开关控制电路交替地导通和截止包含在第一和第二开关电路中的开关元件，从而形成自激振荡。图 1 为示出开关电源设备的方框图。

15

在该开关电源设备中，一个输入电源 E、一个电感器 L 和第一开关电路 S1 串联到变压器 T 的初级线圈 T1。另外，包括初级线圈 T1 和电感器 L 的串联电路与包括电容器 C 和第二开关电路 S2 的串联电路相并联。第一驱动线圈 T3 产生基本上与初级线圈 T1 的电压成比例的一个电压。第一驱动线圈 T3 的电压被输入到一个控制电路 11。类似地，第二驱动线圈 T4 产生基本上与初级线圈 T1 的电压成比例的一个电压。第二驱动线圈 T4 的电压被输入到一个控制电路 12。控制电路 11 的电压被输入到第一开关电路 S1 的第一开关元件 Q1 的一个控制端。第二控制电路 12 的电压被输入到第二开关电路 S2 的第二开关元件 Q2 的一个控制端。第一开关电路 S1 由包括第一开关元件 Q1、第一二极管 D1 以及第一电容器 C1 的并联电路所形成。第二开关电路 S2 由包括第二开关元件 Q2、第二二极管 D2 以及第二电容器 C2 的并联电路所形成。

20

一个整流元件 Ds 与变压器 T 的次级线圈 T2 相串联。整流和平滑电

25

路包括整流元件  $D_s$  和连接到整流元件  $D_s$  的一个输出端的电容器  $C_o$ 。  
整流元件  $D_s$  与电容器(电容阻抗) $C_s$  相并联,检测负载电压的检测电路 14  
连接在整流和平滑电路的一个输出端与该负载之间。检测电路 14 的输出  
反馈被发送到第一控制电路 11。

5 另外,美国专利第 3,596,165 号中提供一种开关电源设备,其中两个  
开关电路在变压器的初级线圈侧相连接,以形成分别激励的振荡,并且  
一个全波整流器连接到该次级线圈。

另外,在日本未审查专利申请公告 5-328719 和日本未审查专利申请  
公告 11-136940 中提供开关电源设备。在每种设备中,两个开关电路在  
10 变压器的初级线圈上相互连接,并且次级线圈由图 1 中所示的电路结构  
所形成。在这种情况下,电感器和电容器串联到初级线圈。第二开关元  
件并联到该串联电路。

但是,在上述的每个开关电源设备中,存在如下问题:

#### 15 (1)美国专利 3,596,165

该开关电源设备被称为谐振型半桥式电路(ON-ON 型)。在这种电路  
中,当每个开关元件导通时,能量被从初级线圈发送到次级线圈。每个  
开关元件的导通时间基本上固定,并且开关频率被改变,以改变串联在  
20 初级线圈上 LC 谐振电路的阻抗,以控制输出功率。换句话说,当 LC  
谐振频率和开关频率相互接近时,LC 谐振电路的阻抗变得更小,从而  
大电流流过该变压器,因此获得大输出功率。相反,当 LC 谐振频率远  
离开关频率时,可以获得小的输出功率。在这种方案中,开关频率根据  
输出功率而明显改变。当频率大大改变时,输出平滑电路和滤波器电路  
25 的尺寸也增加。结果,存在电子元件干扰和控制电路功耗增加这样的问  
题。

另外,由于开关电源设备是一种分离激励振荡型的设备,元件数目的  
增加有碍于该设备的小型化和成本的降低。另外,为了进行全波整流,  
在变压器的次级侧至少需要两个二极管。

## (2)日本未审查专利申请公告 5-328719 和日本未审查专利申请公告 11-136940

在该公告中提供的每个开关电源设备是一个 ON-OFF 型开关电源设备，其中在开关元件的导通时间中，能量存储在初级线圈内，并且在开关元件的截止时间中，所存储能量被从次级线圈释放。但是，每个设备不是自激励振荡型而是分离激励振荡型或同步振荡型的。因此，由于该设备需要一个振荡器、驱动电路等等，所以元件的数目增加，从而妨碍设备的小型化和成本的降低。在日本未审查专利申请公告 5-328719 中，由于使用同步振荡电路，因此不需要振荡器。但是，该电源设备需要包含具有高电压击穿特性的 MOS-FET 的集成电路来驱动高端开关元件、用于隔离的脉冲变换器和驱动器等等。结果，即使在该开关电源设备中，开关控制电路的尺寸和制造成本增加。

## (3)日本专利申请 9-352696

在该公告中提供的开关电源设备是自激励振荡型的，它是一种 ON-OFF 型开关电源设备，在第一开关电路的导通时间中在初级线圈内存储能量，并且在第一开关电路的截止时间中从次级线圈释放所存储的能量。如图 1 中所示，由于等于输入电压  $V_{in}$  和电容器电压  $V_c$  之和的电压被施加到一个开关元件，该开关元件需要是一个具有高电压击穿特性的元件。另外，由于电源设备具有一种结构，其中输入电压  $V_{in}$  被直接施加到变压器 T 的初级线圈 T1，并且施加到初级线圈 T1 的电压变高，这妨碍了该设备的小型化。

另外，仅仅存储在变压器的初级线圈中的激励能量被输出到该变压器的次级侧。电容器 C 的能量不被输出到次级侧。结果，初级线圈的电流峰值变大，从而增加传导损耗。

## 发明概述

相应地，本发明的目的是提供一种具有能够减小损耗的高效率的开关电源设备。另外，在该设备中，可以降低作用在开关元件上的应力，



并且可以减小变压器的尺寸和重量。

为了解决上述问题，根据本发明的一个方面，在此提供一种开关电源设备，其中包括由第一开关元件 Q1、第一二极管 D1 和第一电容器 C1 的并联电路所形成的第一开关电路，由第二开关元件 Q2、第二二极管 D2 和第二电容器 C2 的并联电路所形成的第二开关电路，该第一和第二开关电路形成一个串联电路，一个连接到该串联电路的输入电源、包括初级线圈和次级线圈的变压器 T、该初级线圈、泄漏电感器 L 和电容器 C 形成一个串联电路，该串联电路的一端连接到第一开关电路和第二开关电路的连接点，并且另一端连接到输入电源，一个整流和平滑电路包括整流元件 Ds，该整流和平滑电路连接到变压器 T 的次级线圈，在第一开关元件 Q1 的导通周期中在初级线圈和电容器 C 中累积能量，并且在第一开关元件 Q1 的截止周期中从次级线圈获得一个输出，第一开关元件 Q1 的导通时间被控制，使得输出功率得到控制，第一驱动线圈包含在该变压器 T 中，以产生基本上与初级线圈的电压成比例的一个电压，用于导通第一开关元件 Q1，第二驱动线圈包含在该电压器中，以产生基本上与初级线圈的电压成比例的一个电压，以导通第二开关元件 Q2，在开关元件 Q1 和 Q2 都截止的时间段之前和之后，该开关控制电路使第一和第二开关元件 Q1 和 Q2 交替地导通和截止，在第二开关元件 Q2 和整流元件 Ds 都截止之后，使第一开关元件 Q1 导通，从而执行自激振荡。

通过上述结构，获得如下优点：

(1)由于施加到每个第一和第二开关元件 Q1 和 Q2 的电压是输入电压，因此可以使用具有低额定电压的半导体元件作为该开关元件 Q1 和 Q2。例如，典型 MOS-FET 的导通电阻大约与击穿耐压的平方成比例地增加。但是，当使用具有低额定电压的开关元件时，导通电阻变小，从而可以减小传导损耗。另外，通常具有低额定电压的元件比较便宜。因此，通过减少开关元件的发热，整个开关电源设备可以具有高效率，并且可以低成本地制造该设备，并减少重量和尺寸。

(2)施加到变压器 T 的初级线圈的电压基本上为图 1 中所示的常规开关电源设备中的电压的一半。结果，可以减小初级线圈的匝数，从而可

以减小铁芯间距。另外，能够容易地设计具有所需电压击穿特性的变压器 T，从而可以使变压器小型化。

5 (3)由于第一和第二开关电路的开关元件 Q1 和 Q2 并联到二极管和电容器，因此开关元件 Q1 和 Q2 在零电压导通，并且开关元件 Q2 在零电流截止。结果，大大减小开关损耗并且避免发热。

10 (4)次级侧的整流元件 Ds 在零电流导通，并且电流波形在零电平相对陡峭地上升，并且到达一个峰值点，在此电流变化率为零。然后，电流波形再次落回零电平，在此整流元件 Ds 截止。当与常规的倒三角波形相比时，该波形类似于矩形，从而可以降低电流峰值。结果，可以减小有效电流值，并且可以降低导电损耗。

15 (5)不需要使用脉冲变换器或光耦合器来隔离。在该发明中，可以驱动具有不同地电平的两个开关元件 Q1 和 Q2。另外，由于开关元件 Q1 和 Q2 适合于自激振荡结构，因此不需要使用具有另一个振荡器的开关控制集成电路。相应地，由于该开关控制电路没有复杂的结构，因此能够以低成本制造整个设备。

20 在根据本发明的开关电源设备中，每个开关控制电路可以包括一个电阻器或者由电阻器和电容器组成的串联电路所形成的一个延迟电路，该电阻器或延迟电路被分别置于第一驱动线圈和第一开关元件的控制端之间，以及在第二驱动线圈和第二开关元件的控制端之间。在该开关电源设备中，在每个第一和第二驱动线圈中产生导通每个第一和第二开关元件的基本上与初级线圈的电压成比例的电压之后，经过一段延迟时间，每个第一和第二开关元件被导通。

25 因此，在两个开关元件 Q1 和 Q2 都截止之前和之后的时间内，开关元件 Q1 和 Q2 可以容易地交替导通和截止。通过这种结构，可以避免由于两个开关元件 Q1 和 Q2 同时导通而增加损耗和损坏。

30 另外，在该开关电源设备中，其中一个开关控制电路可以包括用于截止第一开关元件的开关单元，以及用这样一种方式来控制时间常数电路，使得在第一驱动线圈中产生导通该第一开关元件的基本上与初级线圈的电压成比例的电压之后经过预定的时间段，由该开关单元使第一开关元件截止。

通过用于使第一开关元件 Q1 截止的开关单元，可以增加开关元件 Q1 的开关速度，从而减小由开关元件 Q1 所造成的开关损耗。另外，通过由时间常数电路设置开关元件 Q1 的导通时间，可以任意地设置或控制开关元件 Q1 的导通时间，以稳定输出电压。

5       另外，在该开关电源设备中，其它的开关控制电路可以包括用于截止第二开关元件的开关单元，以及要这样一种方式控制时间常数电路，使得在第二驱动线圈中产生基本上与初级线圈的电压成比例并导通第二开关元件的电压之后经过预定的时间段，由该开关单元截止第二开关元件。

10       与上述情况相类似，可以增加开关元件 Q2 的开关速度，从而可以减小开关元件 Q2 的开关损耗。另外，通过设置开关元件 Q2 的导通时间的时间常数电路，可以任意设置和控制开关元件 Q2 的导通时间，以稳定输出电压。

15       另外，在本发明的开关电源设备中，开关单元可以由连接到第一或第二开关元件的控制端的一个晶体管所形成，该晶体管的控制端可以连接到由第一阻抗电路和充电/放电电容器所构成的时间常数电路。

20       因此，不需要使用具有高的额定电压的 MOS-FET 或者集成电路来驱动该高端开关元件 Q2。通过简化包含该晶体管和时间常数电路的结构，可以驱动开关元件 Q2。因此，可以减小本发明的开关电源设备的尺寸和重量，并且能够以低成本制造该设备。另外，由于不需要使用驱动每个开关元件 Q1 和 Q2 的振荡器，因此可以实现进一步减小尺寸、重量和成本。

另外，在本发明的开关电源设备中，形成时间常数电路的第一阻抗电路的阻抗可以根据输出功率或者响应一个外部信号而改变。

25       根据输出功率或者响应来自外部的信号，改变形成时间常数电路的阻抗电路的阻抗值。通过这种结构，改变用于对包含在时间常数电路中的电容进行充电和放电的时间。结果，可以控制每个开关元件 Q1 和 Q2 的导通时间，以使得开关元件 Q1 和 Q2 在导通时间内更适当地根据输出电压而执行开关操作。

30       另外，该开关电源设备可以进一步包括包含一个电阻器的第二阻抗

电路，该第二阻抗电路连接到电容器 C 的两端或者连接到由电容器 C 和变压器 T 的初级线圈所构成的串联电路的两端，以通过该第二阻抗电路把一个输入电压施加到第一开关电路。

5 通过把包含该电阻器的阻抗电路连接到电容器 C 的两端，或者连接到由电容器 C 和变压器 T 的初级线圈所构成的串联电路的两端，通过该阻抗电路，可以把一个启动电压施加到第一开关电路。如果没有该阻抗电路，由于输入电压被施加到电容器 C，则即使当一个电压被施加到开关元件 Q1 的控制端时，则很可能启动一个振荡。该阻抗电路可以连接到由电容器 C 和变压器 T 的初级线圈所构成的串联电路的两端。但是，  
10 最好该阻抗电路连接到电容器 C 的两端，由于该结构允许施加到阻抗电路的电压变低，从而可以进一步减小损耗。

另外，开关电源设备可以进一步包括包含一个电阻器的第三阻抗电路，以对通过第二阻抗电路施加到开关电路的输入电压进行分压，并且施加到第一开关元件的控制端，以启动一个自激振荡。

15 在这种情况下，施加到第一开关电路的电压被包含该电阻器的第三阻抗电路所分压，以施加到开关元件 Q1 的控制端，从而启动一个自激振荡。在这种状态下，该分压电阻不连接到输入电源，而是连接到第一开关电路。结果，仅仅当一个电压被施加到第一开关电路时，才能够启动振荡。这导致避免启动失败。

20 另外，由于不需要配置一个用于启动振荡的单冲脉冲产生电路，因此可以简化开关控制电路。从而，可以使整个设备小型化并且以低成本来制造该设备。

另外，该开关电源设备可以进一步包括与整流元件 Ds 相并联的一个电容器 Cs，因此以这样一种方式设置电容器 Cs 的电容阻抗值，使得  
25 当第二开关元件 Q2 和整流元件 Ds 都截止时，电容器 Cs 与变压器 T 的电感产生谐振，并且在电容器 Cs 两端的电压波形表示类似于一部分正弦波的波形，在零电压处上升，或在零电压下降。

在开关元件 Q1 的导通时间内，当整流元件 Ds 的导通开始时，在电容器(或者电容阻抗元件)Cs 中累积的电荷可以被输出，而不流过整流元件 Ds。因此，可以减小整流元件 Ds 的传导损耗。另外，当减小整流元  
30

件  $D_s$  的反向恢复损耗并且控制突然的电压变化时,可以降低噪声。另外,由于流过整流元件  $D_s$  的电流波形突然上升,并且该电流波形类似于一个矩形波,因此可以减小有效电流。

5 另外,在本发明中,整流元件  $D_s$  可以用一个控制信号执行开关操作的开关元件。

在这种情况下,例如整流元件  $D_s$  不由一个普通二极管所形成而是由例如 MOS-FET 这样具有小的导通阻抗的开关元件所形成。当这种开关元件用一个控制信号执行开关操作时,在开关元件导通时间内的导电损耗被减小,从而可以减小在次级侧整流电路中造成的导电损耗。

10 另外,在本发明的开关电源设备中,该开关元件可以是一个场效应晶体管。

当第一和第二开关元件是一个例如 MOS-FET 这样的场效应晶体管时,可以利用该寄生二极管和寄生电容。因此,当该寄生二极管被用作第一或第二二极管  $D_1$  或  $D_2$ ,以及该寄生电容被用作第一或第二电  
15 容器  $C_1$  或  $C_2$  时,不需要该二极管  $D_1$  或  $D_2$  以及电容器  $C_1$  或  $C_2$ 。相应地,可以减少元件数目。

另外,该开关电源设备可以包括泄漏电感器  $L$  和外部电感器  $L$  或与初级线圈串联的变压器  $T$  中的一个,其中电感器  $L$  在第一开关元件  $Q_1$  的截止时间中与电容器  $C$  产生谐振,以使得通过初级线圈的电流波形为  
20 部分正弦波。

电感器  $L$  在第一开关元件  $Q_1$  的截止时间中与电容器  $C$  发生谐振,从而流过初级线圈的电流波形变为部分正弦波。结果,开关元件  $Q_2$  的电流峰值和流过整流元件  $D_s$  的电流峰值变小,从而可以实现开关元件  $Q_2$  的零电流截止操作。另外,当变压器  $T$  的泄漏电感器  $L$  被用作该  
25 电感器  $L$  时,不需要外部电感器  $L$ 。因此,可以减少元件的数目,另外,可以降低由于电压器的泄漏电感所造成的能量损耗。

另外,在开关电源设备中,开关控制电路可以在第一和第二电容器上的电压下降到零或接近于零之后导通第一或第二开关元件。

通过按照这样一种方式设置延迟时间而执行零电压开关操作,使得  
30 在第一或第二电容器上的电压下降到零或接近于零之后,该开关控制电

路导通开关元件 Q1 或 Q2。通过这种结构，可以减小导通损耗并且可以避免开关噪声。

另外，当流过第二开关元件 Q2 的电流为零或接近于零时，该开关控制电路可以截止第二开关元件 Q2。

5 通过这种结构，开关元件 Q2 执行零电流截止操作，从而当开关元件被截止时可以减小开关损耗和开关电涌的出现。

另外，在本发明中，电容器 C 和电感器 L 的数值可以用这样一种方式设置，使得在流过整流元件 Ds 的电流波形从零上升并且到达电流变化率为零的峰值点之后，该波形再次下降到零电流点，在此时整流元件 Ds 被截止。

由于流过整流元件 Ds 的电流的峰值降低，并且该波形类似于矩形波，因此有效电流下降，并且整流元件 Ds 的传导损耗下降。另外，由于流过整流元件 Ds 的电流不突然改变，因此抑制了开关噪声的出现，并且在零电流截止整流元件 Ds，从而减小反向恢复损耗。

15 另外，可以用这样一种方式来控制开关控制电路，使得在变压器的一个反向方向上的激励量与其正向方向上的激励量的比率根据连接到整流和平滑电路的输出端的负载大小而改变。

通过改变开关元件 Q1 的导通时间而控制该整流和平滑电路的输出电压，以把一个稳定输出电压提供给该负载。另外，例如当使开关元件 Q2 的导通时间基本上固定时，根据连接到整流和平滑电路的输出端的负载大小，在反向方向上的激励量与在正向方向上的激励量的比例被改变。通过这种结构，可以抑制开关频率的改变，从而可以避免电子装置的干扰以及可以减小控制电路中的损耗。

25 另外，该开关控制电路可以用这样一种方式来控制，使得在变压器的相反方向上的激励量为零或基本上为一个预定的固定值，而与连接到整流和平滑电路的输出端的负载大小无关。

在该开关电源设备中，通过改变开关元件 Q1 的导通时间来控制整流和平滑电路的输出电压，可以把一个稳定的输出电压提供到该负载。另外，开关元件 Q2 的导通时间被控制，使得在变压器的相反方向上的激励量为零或者基本上为一个预定的固定数值，而与连接到该整流和平



图。

## 优选实施例详述

图 2 为根据本发明的实施例的开关电源设备的电路图。

5 本质上，该实施例的开关电源设备不同于图 1 中所示的常规开关电源设备之处在于包括通过连接变压器 T 的初级线圈 T1、电感器 L 和电容器 C 所形成的一个串联电路，该串联电路的一端连接到第一开关电路和第二开关电路的连接点，并且其另一端连接到一个输入电源。接着，下面将详细描述该开关电源设备的电路结构。

10 第一开关电路 S1 由第一开关元件 Q1、第一二极管 D1 以及第一电容器 C1 的并联电路所形成。第二开关电路 S2 由第二开关元件 Q2、第二二极管 D2 以及第二电容器 C2 的并联电路所形成。第一和第二开关电路 S1 和 S2 相互串联，并且该串联电路与输入电源 E 相并联。用于本实施例中的第一和第二开关元件 Q1 和 Q2 是场效应晶体管(在下文中 FET)。

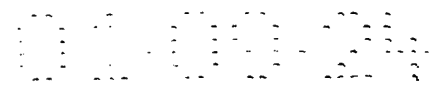
15 变压器 T 的初级线圈 T1 串联到电感器 L 和电感器 C。该串联电路的一端连接到第一开关电路 S1 和第二开关电路 S2 的连接点，并且另一端连接到输入电源 E。

20 变压器 T 的驱动线圈 T3 产生基本上与初级线圈 T1 的电压成比例的电压。在驱动线圈 T3 中产生的电压被输入到第一控制电路 11。第一控制电路 11 包括通过串联置于第一驱动线圈 T3 和第一开关元件 Q1 的控制端(栅极)之间的电阻器 R3 和电容器 C3 而形成的延迟电路、用于截止第一开关元件 Q1 的作为开关单元的晶体管 Tr1、以及由电容器 C4 和作为接收来自检测电路 14 的反馈信号的第一阻抗电路的光耦合器 PC 的时间常数电路。该时间常数电路连接到晶体管 Tr1 的控制端(基极)。在第一驱动线圈 T3 中产生电压之后经过一段延迟，控制电路 11 导通第一开关元件 Q1。然后，当在第一驱动线圈 T3 中产生电压后经过由光耦合器 PC 的阻抗和电容器 C4 构成的时间常数电路所设置的时间之后，控制电路 11 还通过导通晶体管 Tr1 而快速地截止第一开关元件 Q1。按照这种方式，控制电路 11 可以任意改变第一开关元件 Q1 的导通时间。

25

30





变压器 T 包括第二驱动线圈 T4。在第二驱动线圈 T4 中产生的电压被施加到第二控制电路 12。第二控制电路 12 包括通过串联电阻器 R5 和电容器 C5 而形成的延迟电路，其串联到第二驱动线圈 T4、以及用于截止第二开关元件 Q2 的作为开关单元的晶体管 Tr2、以及由充电/放电电容 C6 和电阻器 R6 所构成的时间常数电路作为第一阻抗电路。该时间常数电路连接到晶体管 Tr2 的控制端(基极)。包含在第二控制电路中的延迟电路、第一阻抗电路以及晶体管 Tr2 具有与上述第一控制电路相类似的结构。

在每个控制电路 11 和 12 中，按照这样一种方式来设置延迟时间，使得在每个电容器 C1 和 C2 上的电压下降到零或接近于零之后，每个开关元件 Q1 和 Q2 被导通。通过这种结构，执行零电压开关操作。结果，可以减小导通损耗，并且可以避免开关噪声的产生。另外，控制电路 12 控制第二开关元件 Q2，使其在流过第二开关元件 Q2 的电流变为零或接近于零时截止。通过该控制，开关元件 Q2 执行零电流截止操作，从而减小当元件 Q2 被截止时出现的开关损耗和开关电涌。另外，当流过整流元件 Ds 的电流波形变为接近于矩形时，在整流元件 Ds 中的损耗变小。因此，为了获得这种波形，通过由开关控制电路设置的第二开关元件 Q2 的导通时间确定电容器 C 和电感器 L 的数值。

检测电路 14 包括分压电阻 R9 和 R10、旁路调节器 IC1，其中电阻器 R9 和 R10 的连接点连接到参考电压输入端 Vr、以及串联到旁路调节器 IC1 的光电二极管 PC。该旁路调节器 IC1 控制阴极和阳极之间的电流，以保持参考电压输入端 Vr 的电压恒定。在电流中的改变被转换为光电二极管 PC 的光强，并且输入到连接变压器 T 的第一驱动线圈 T3 的光电三极管 PC。在该电路中，根据流过光电二极管 PC 的电流变化，通过光电晶体管 PC 控制晶体管 Tr1 的导通时间，这最终导致控制第一开关元件 Q1 的导通时间。更加具体来说，当输出电压变高并且光电二极管 PC 的电流增加时，第一开关元件 Q1 的导通时间变短以降低输出电压。相反，当输出电压变低并且光电二极管 PC 的电流减小时，第一开关元件 Q1 的导通时间变长，以升高输出电压。通过该操作，可以稳定输出电压。

作为第二阻抗电路的电阻器 R1 并联到与变压器 T 的初级线圈 T1 相串联的电容器 C。通过把电阻器 R1 与电容器 C 相并联，当开启电源时，可以把启动电压通过电阻器 R1 施加到第一开关电路 S1。当不提供电阻器 R1 时，输入电压  $V_{in}$  被施加到电容器 C。在这种情况下，即使一个电压被施加到第一开关元件 Q1 的控制端(栅极)，电流不能流过该变压器。因此，不能启动振荡。电阻器 R1 可以连接到包含电容器 C、变压器 T 的初级线圈 T1 以及电感器 L 的串联电路的两端。但是，如该实施例中所示，通过与电容器 C 相并联的电阻器 R1，施加到电阻器 R1 的电压变低，从而减小损耗。

通过电阻器 R1 施加到第一开关电路 S1 的电压被作为连接到第一开关元件 Q1 的两端的第三阻抗电路的由电阻器 R2 和 R7 所构成的串联电路所分压，并且施加到第一开关元件 Q1 的控制端(栅极)。通过这种结构，当施加输入电压  $V_{in}$  时，可以启动一个自激振荡。在该实施例中，电阻器 R2 不连接到输入电源，而是连接到第一开关电路 S1。通过该连接，仅仅当电压被施加到第一开关电路 S1 时，该电压可以输入到开关元件 Q1 的控制端，以启动振荡。结果，可以避免启动失败。

接着，将给出对上述开关电源设备的操作的描述。

图 3 示出图 1 中所示的电路的波形。下面将参照图 2 和 3 描述该电路操作。

在图 3 中，Q1 和 Q2 表示示出开关元件 Q1 和 Q2 的导通和截止时间的信号， $V_{ds1}$ 、 $V_{ds2}$  和  $V_{ds}$  表示在电容器 C1、C2 和  $C_s$  上的电压波形信号，并且  $i_{d1}$ 、 $i_{d2}$  和  $i_s$  表示开关电路 S1、S2 和整流元件  $D_s$  的电流波形信号。

在电路启动之后执行的开关操作在一个开关周期  $T_s$  中主要被分为从时间  $t_1$  至  $t_5$  的 4 个工作状态。首先，将说明在启动时间(当振荡启动时)的状态，然后将描述其余状态。

### 启动

当施加输入电压  $V_{in}$  时，电压被通过包含电阻器 R1、电感器 L 和初级线圈 T1 的电路施加到第一开关元件(FET)Q1 的漏极，该输入电压

被电阻器 R2 和 R7 所分压，以施加到 FET Q1 的栅极。当该电压变得高于 FET Q1 的阈值电压时，该 FET Q1 导通，并且输入电压被施加到电容器 C 和初级线圈 T1。然后，在第一驱动线圈 T3 中产生一个电压，并且所产生的电压被通过电阻器 R3 和电容器 C3 施加到 FET Q1 的栅极。

5 结果，FET Q1 导通。

接着，将给出在 FET Q1 的导通状态的最佳额定条件下，在一个开关周期  $T_s$  中从时间  $t_1$  至  $t_5$  的 4 个工作状态的描述。

#### 状态 1- $t_1$ 至 $t_2$

10 FET Q1 处于导通状态。通过从输入电压  $V_{in}$  中减去电容器 C 的电压而获得的电压被施加到变压器 T 的初级线圈 T1。然后，流过初级线圈的电流线性增加，从而激励能量被存储在变压器 T 中。另外，由于通过该电流使电容器 C 通电，因此电能存储在电容器 C 中。

15 在该状态中，通过光电晶体管 PC 对电容器 C4 充电。当电容器 C4 的电压到达晶体管 Tr1 的阈值电压(大约 0.6V)时，在时间  $t_2$ ，晶体管 Tr1 导通并且 FET Q1 截止。然后，接着状态 2。

#### 状态 2- $t_2$ 至 $t_3$

20 当 FET Q1 截止时，初级线圈 T1 和电感器 L 与电容器 C1 和 C2 发生谐振，从而电容器 C1 被充电并且电容器 C2 被放电。在次级线圈侧，该次级线圈 T2 与电容器 Cs 发生谐振，从而电容器 Cs 被放电。在  $V_{ds1}$  的上升沿和  $V_{ds2}$  的下降沿处的曲线是由于电感器 L、初级线圈 T1 与电容器 C1 和 C2 的谐振所产生的正弦波的一部分。

25 当电容器 C2 上的电压  $V_{ds2}$  下降为零时，二极管 D2 导通。在 FET Q1 截止之后略为延迟，在驱动线圈 T4 中产生的电压被通过电容器 C5 和电阻器 R5 施加到开关元件 Q2 的栅极端，并且开关元件 Q2 导通。结果，执行零电压开关，随后接着状态 3。

30 在该状态中，在次级侧，电容器 Cs 上的电压  $V_s$  下降为零，并且整流元件 Ds 导通，从而执行零电压导通操作。在  $V_s$  的上升沿处的曲线是由电容器 Cs 和次级线圈 T2 之间的谐振所产生的正弦波。

### 状态 3-t3 至 t4

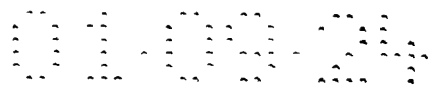
在状态 3 中，在初级侧上，二极管 D2 或开关元件 Q2 导通，然后电感器 L 和电容器 C 开始相互谐振。在该周期中，电容器 C 被放电。  
5 在该状态下，在次级侧上，整流元件 Ds 导通以从次级线圈 T2 释放存储在变压器 T 中的激励能量以及存储在电容器 C 中的电能，并且通过整流/平滑电路输出。在该状态中，流过整流元件 Ds 的电流波形“is”类似于一个波形，其表示通过从初级侧上的电感器 L 和电容器 C 所产生的谐振电流 id2 的数值减去线性下降的激励电流数值“im”而获得的数值。  
10 因此，该波形在零电流处相对陡峭地上升，变为具有正弦曲线的波形。然后，在到达电流变化率为零的峰值点之后，该波形下降为零电流。当变压器 T 的激励电流 im 变为零时，整流元件 Ds 执行零电流截止操作，从而次级侧的电流变为零。

在初级侧，通过对电容器 C 放电，激励电流“im”的方向被反向，  
15 并且在与状态 1 中的方向相反的方向激励变压器 T。用在第二驱动线圈 D4 中产生的电压通过电阻器 R6 对电容器 C6 充电。当该电压到达阈值电压(大约 0.6V)时，晶体管 Tr2 导通，并且 FET Q2 截止，在时间 t4 接近于零，从而执行零电流截止操作。当 FET Q2 截止时，反相电压被施加到次级侧的整流二极管，从而电容器 Cs 开始谐振。结果，变压器的  
20 线圈电压开始反相。

在这种状态中，根据连接到输出端的负载的大小，按照激励电流“im”变为零的时间和 FET Q2 截止时间的次序发生改变。换句话说，当负载减小时，在激励电流“im”变为零之后，FET Q2 截止，然后反相电压被施加到整流元件 Ds。相反，在大负载下，在 FET Q2 截止之后，  
25 激励电流“im”变为零，并且反相电压被施加到整流元件 Ds。在负载状态中，在 FET Q2 和整流元件 Ds 都截止的时间 t4 时，反相电压被施加到整流元件 Ds，随后接着状态 4。

### 状态 4-t4 至 t5

30 在状态 4 中，变压器 T 的次级线圈 T2 与电容器 Cs 发生谐振，从而



对电容器  $C_s$  充电。在初级侧，初级线圈  $T1$  和电感器  $L$  与电容器  $C1$  和电容器  $C2$  发生谐振，从而电容器  $C1$  被放电，并且电容器  $C2$  被充电。

当电容器  $C1$  上的电压  $V_{ds1}$  下降为零时，二极管  $D1$  导通。在这种状态下，在初级驱动线圈  $T3$  中产生电压经过小的延迟之后被通过电阻器  $R3$  和电容器  $C3$  施加到开关元件  $Q1$  的栅极。然后，FET  $Q1$  在时间  $t_5$  导通，并且执行零电压开关操作以结束状态 5。在次级侧上，电容器  $C_s$  上的电压  $V_s$  从零上升，并且被箝位在等于初级线圈电压和输出电压之和的电压。

将在每个开关周期中执行上述操作，以在一系列周期开关中重复执行。

通过上述操作，在第一开关元件  $Q1$  处于导通状态的时间段中，激励能量被存储在变压器  $T$  的初级线圈  $T1$  中，并且静电能量被存储在电容器  $C$  中。当开关元件  $Q1$  截止时，激励能量和静电能量被释放。结果，当与图 1 中所示的常规开关电源设备相比较时，该设备即仅仅在开关元件  $Q1$  的导通周期中存储激励能量并且在其截止周期中释放激励能量的设备，可以减小电流峰值，从而减小导电损耗。

在图 2 中所示的开关电源设备中，在常规开关电源设备的情况下，开关元件  $Q1$  和  $Q2$  被在零电压导通，并且开关元件  $Q2$  在接近于零电流处截止。从而，可以明显地减小开关损耗和开关电涌。另外，在零电流时导通次级侧整流元件  $D_s$ ，并且电流波形从零电流处相对陡峭地上升。在该波形到达电流变化率为零的峰值点之后，该波形再次下降到零电流，从而整流元件  $D_s$  截止。因此，通过整流元件的电流波形变为矩形，从而使得电流峰值变小。结果，降低有效电流值，从而可以减小传导损耗。

另外，由于没有变压器的泄漏电感  $L$ ，因此抑制开关电涌。因此，可以使用具有低额定电压的半导体元件。另外，由于流过开关元件的电流突然改变并且减小电压，因此还可以减小开关噪声。

现在，关于由控制电路所执行的开关元件  $Q1$  和  $Q2$  的导通/截止时间的控制，采用如下三种方法。

图 4A 至 4C 示出由三种控制方法所获得的“ $i_{d1}$ ”波形。

在图 4A 所示的方法中，该开关控制电路控制开关元件 Q1 和 Q2 的导通时间，并且通过把在变压器 T 的相反方向上的激励量设置为零或实现零电压开关操作所需的最小值，而稳定输出电压。在该方法中，根据负载量，固定开关元件 Q1 的导通时间( $T_{on}$ )和截止时间( $T_{off}$ )之间的比例，从而改变开关频率。因此，由于负载量基本上与开关频率成反比，

5 因此负载越小，则开关频率越大。例如，可以在开关元件 Q1 的导通时间中执行输出电压  $V_o$  的控制。除了输出电压  $V_o$  之外，还可以检测输出电流  $I_o$ ，以把开关电路 S2 的导通时间设置为等于对变压器 T 复位所需时间和预定的反向激励时间之和。

10 在图 4B 所示的方法中，在小负载下，在变压器 T 的初级线圈中产生再生电流。符号  $T_{on2}$  表示产生再生电流的时间周期。在该方法中，控制开关控制电路，使得开关元件 Q2 的导通时间保持恒定，并且开关元件 Q1 的导通时间被调节为改变在变压器 T 的正向方向的激励量与在反向方向的激励量之间的比例，使得输出电压稳定。在该方法中，无论

15 负载量大小，保持开关频率基本上固定。例如，在这种控制中，开关电路 S2 的导通时间被设置为等于最大变压器复位数值和预定反向激励时间之和。

另一方面，尽管该方法可以提供即使在小负载下也使得开关频率基本上固定的优点，但是流过开关元件和变压器的电流峰值较大，从而开关损耗和导电损耗增加，这时变压器 T 的磁通量中存在最大变化。结果，

20 存在严重的变压器损耗。

图 4C 中所示的方法等效于图 4A 和 4B 的方法的结合。在小负载下，通过改变在变压器 T 的正向方向上的激励量和反向方向上的激励量而使输出电压稳定，从而降低开关频率。在大负载下，随着负载变大，开关

25 元件 Q1 的导通时间被设置为更长，以稳定输出电压。例如，开关电路 S2 的导通时间可以被设置为等于在额定负载下的变压器复位时间与预定反向激励时间之和。

在该方法中，当控制开关频率的改变时，可以在小负载和大负载之间执行高效的控制。

30 在上述实施例中，第一和第二开关元件 Q1 和 Q2 包括场效应晶体

管(FET)。另外，可以使用例如晶体管这样的其它种类的半导体元件作为第一和第二开关元件。

图 5 示出图 2 中所示的开关电源设备的主要部分。在该图中，包括电容器 C 和电感器 L 以及变压器 T 的初级线圈 T1 的串联电路的一端连接到开关元件 Q1 和 Q2 的连接点，并且该串联电路的另一端连接到输入电源的正极端。

图 6 示出根据另一个实施例的开关电源设备的主要部分。在该实施例中，尽管没有对包含电容器 C1、电感器 L 和初级线圈 T1 的串联电路作改动，但是连接电容位置和输入电压  $V_{in}$  的极性被改变。另外，类似地，串联电路的一端连接到开关元件 Q1 和 Q2 的连接点，并且另一端连接到输入电源。该主要部分的电路操作也与图 5 中所示的电路的操作相类似。

图 7 示出根据另一个实施例的开关电源设备的主要部分。在该结构中，电容器 C 包括电容器 C1 和 C2。因此，图 7 中所示的电路是这样例子，其中电容器 C 被分为电容器 C1 和 C2。由于电容器 C1 和电容器 C2 的合成电容等于电容器 C 的电容，该电路操作与图 2 和 3 中所示的相类似。

在上述实施例中，输入电源是一个直流电源。但是，本发明的输入电源可以是对市用交流电源进行整流和平滑之后的电源。另外，电容器或者其它元件可以连接在变压器 T 的初级线圈和次级线圈之间。除了变压器之外，一个电感元件可以用于该电路中。即使在这种情况下，该电路的基本操作与上述电路操作相类似。

图 8 为包含在根据另一个实施例的开关电源设备中的第一控制电路 11 的电路图。

在该实施例中，电阻器 Ra 串联到第一开关元件 Q1 的源极，并且电容器 C4 连接到该源极和电阻器 Ra 的连接点。包含电阻器 R4、光电晶体管 PC 的阻抗和电容器 C4 的时间常数电路的一端连接到晶体管 Tr1 的基极。在时间常数电路中，电容器并连到电容器 C4。在该控制电路中，在开关元件 Q1 导通之后，电流“id1”增加。随着电流“id1”的增加，在电阻器 Ra 上的电压也增加。在这种状态中，时间常数电路的电容器

C4 连续充电。当等于电容器 C4 的充电电压和电阻器 Ra 上的电压之和的电压到达晶体管 Tr1 的阈值电压(大约 0.6V)时, 开关元件 Q1 截止。因此, 本实施例的电路中, 流过开关元件 Q1 的电流被电阻器 Ra 所检测, 以控制开关元件 Q1 的导通时间。

5 图 9 示出控制包含在根据另一个实施例的开关电源设备中的开关元件 Q2 的第二控制电路的电路图。

在该实施例中, 作为一个开关单元的晶体管 Tr2 是一个 pnp 型晶体管。

10 另外, 图 10 示出包含在根据另一个实施例的开关电源设备中的第二控制电路的电路图。

在该实施例中, 光电晶体管 PC2 连接到晶体管 Tr2 的基极。通过输出信号或者来自外部的信号输入改变光电晶体管 PC2 的阻抗, 从而开关元件 Q2 的导通时间改变。通过这种结构, 通过控制开关元件 Q2 的导通时间, 可以根据输出功率以更加适当的导通时间来执行开关元件 Q2 的切换。

图 11 示出包含在根据另一个实施例的开关电源设备中的启动电路的电路图。

20 在这种情况下, 电阻器 R1 并联到包含电容器 C、电感器 L 和变压器 T 的初级线圈 T1 的串联电路。启动开关元件 Q1 的启动电阻 R2 的一端通过一个齐纳二极管 DZ 连接到一个输入电源。

在上述实施例中, 二极管被用于该整流/平滑电路中, 作为一个整流元件 Ds。但是, 例如除了使用二极管作为整流元件 Ds 之外, 可以使用例如具有小的导通电阻的 MOS-FET 这样的开关元件作为该元件 Ds。当这种开关元件通过在次级线圈的电压升高时产生的控制信号执行切换时, 在导通时间中的导电损耗减小。结果, 可以减小在次级侧的整流电路的导电损耗。

30 当通过 FET 形成第一和第二开关元件 Q1 和 Q2 时, FET 的寄生二极管可以用于取代第一和第二二极管 D1 和 D2, 并且 FET 的寄生电容可以取代第一和第二电容器 C1 和 C2。在该结构中, 由于不需要图 2 中所示的第一和第二二极管和电容器, 因此可以减少元件的数目。



类似地，可以仅仅通过变压器 T 的泄漏电感形成电感器 L。在这种情况下，不需要外部电感器 L。从而，可以减少元件的数目。

因此，本发明的优点可以综合如下。

5 本发明的开关电源设备包括在变压器中驱动第一和第二开关元件的驱动线圈，在两个开关元件被截止之前和之后的周期内，该开关控制电路交替地导通和截止开关元件，从而执行自激振荡。通过这种结构，可以减少该设备的元件数目以及尺寸和重量。另外，通过允许开关元件执行零电压开关操作，可以明显减小开关损耗。另外，由于施加到开关元件 Q1 和 Q2 上的电压是输入电压  $V_{in}$ ，因此开关元件 Q1 和 Q2 可以由具有低额定电压的半导体元件来形成。因此，本发明的开关电源设备可以具有高效率并且可以制造为一个紧凑和轻便的设备。

15 另外，由于电容器 C 串联到变压器的初级线圈，因此能量可以存储在初级线圈和电容器 C 中。结果，通过减小峰值电流，还可以减小导电损耗。另外，施加到初级线圈上的电压大约为图 1 中所示的振铃扼流圈转换器(RCC)的电压的一半。因此，可以减少初级线圈的匝数，并且可以采用具有较低额定电压的低击穿电压变压器，从而能够使该变压器小型化。

尽管上文已经描述本发明的实施例，但是本领域内的专业人员应当知道可以作出各种改变或变化而不脱离本发明的范围和精神。

## 说明书附图

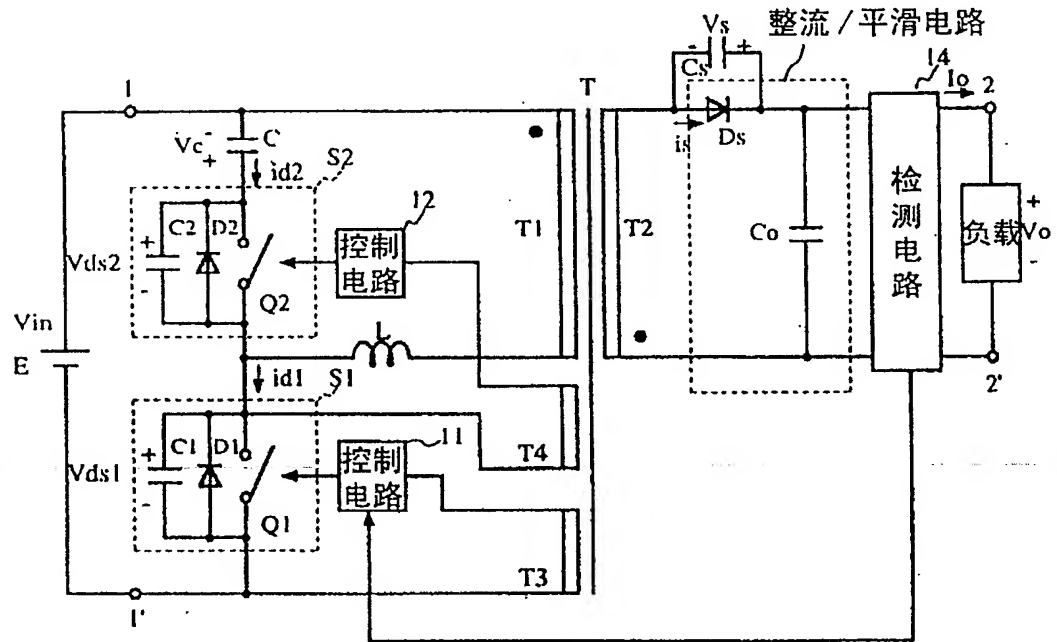


图 1



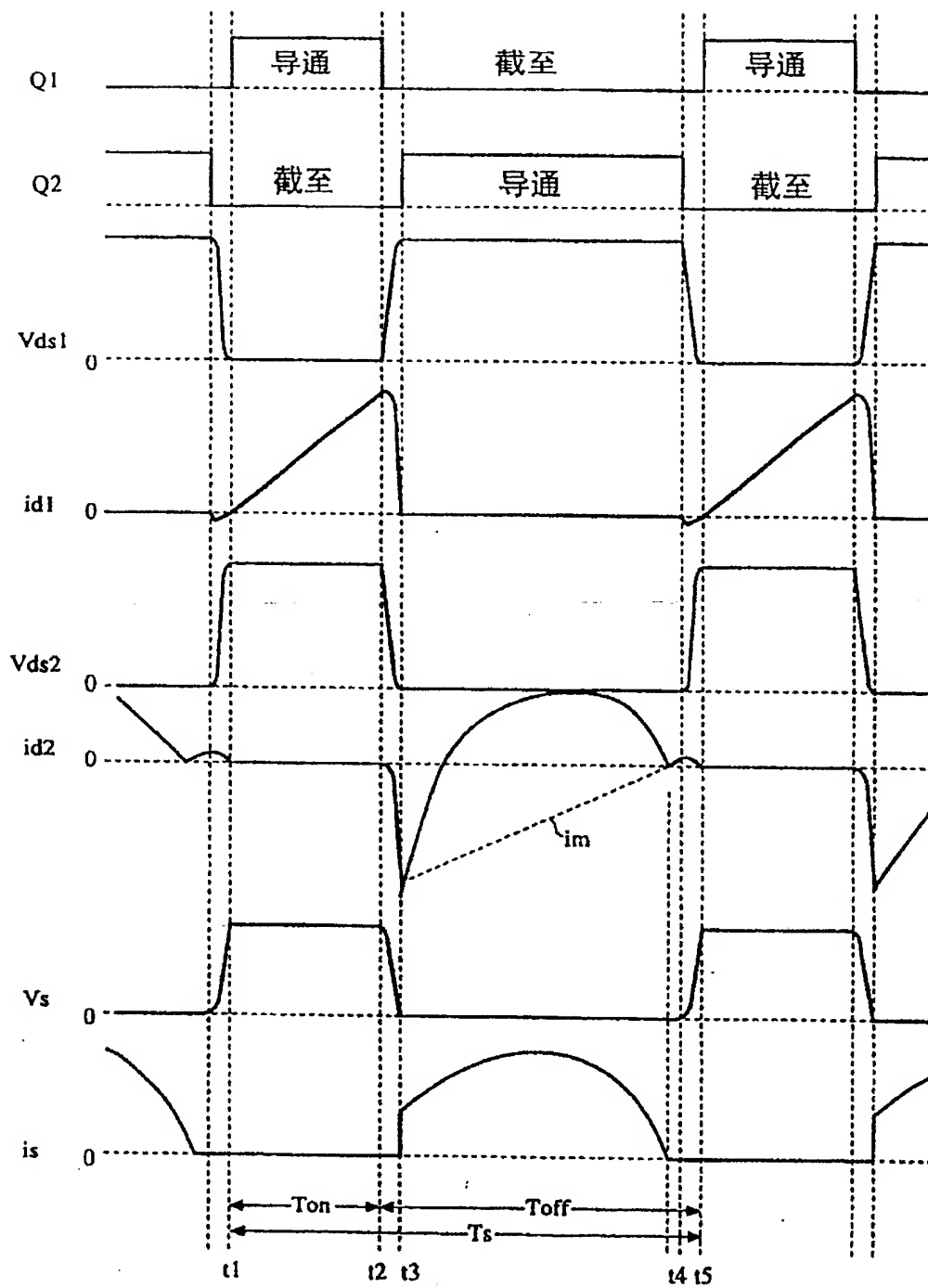


图 3

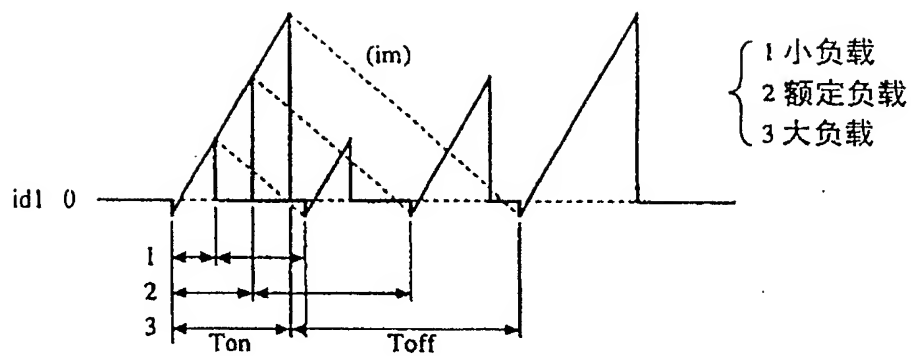


图 4A

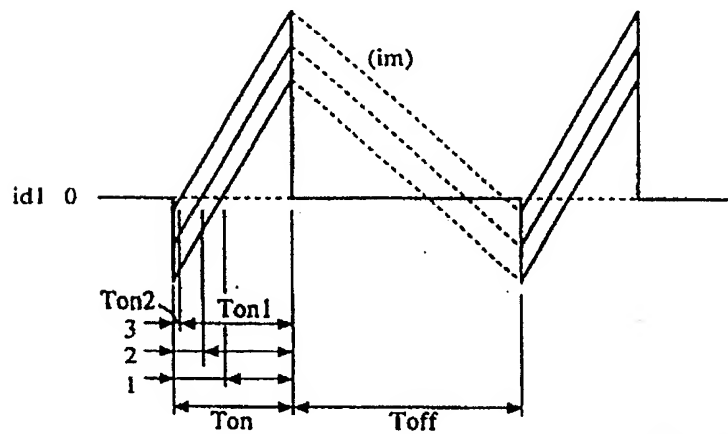


图 4B

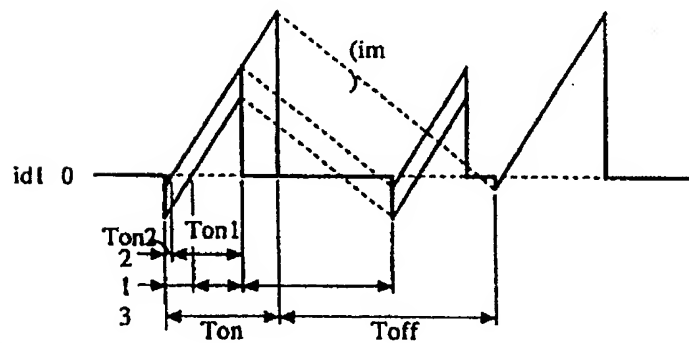


图 4C

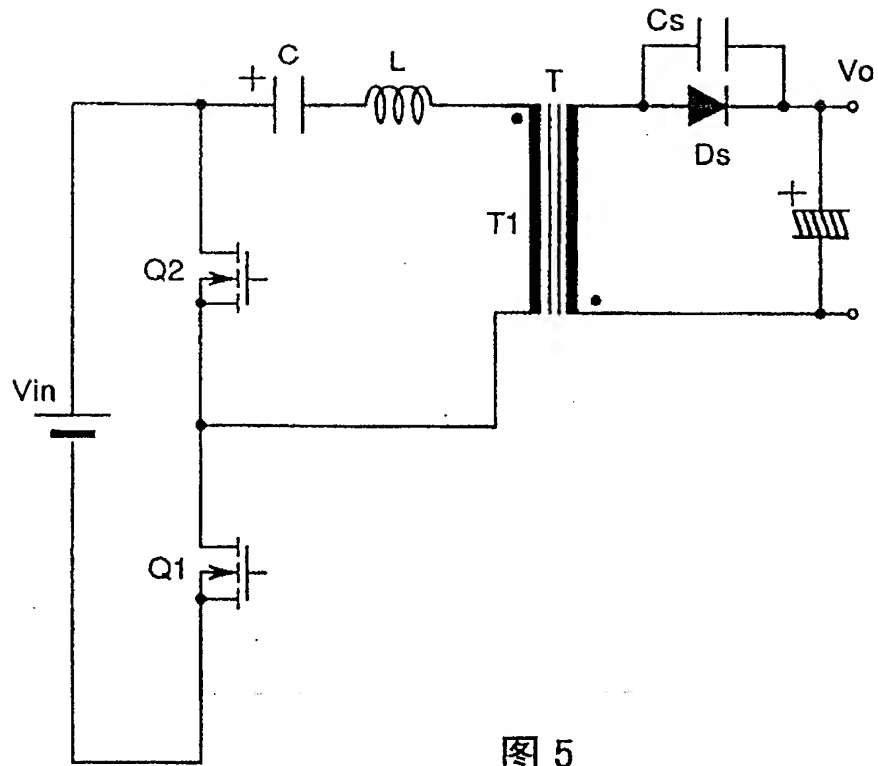


图 5

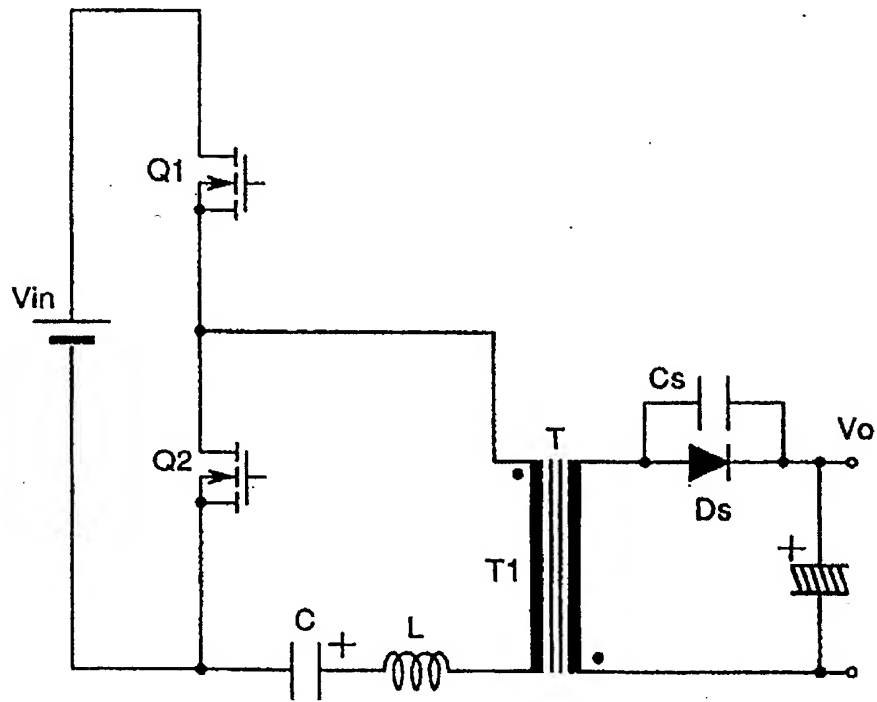


图 6

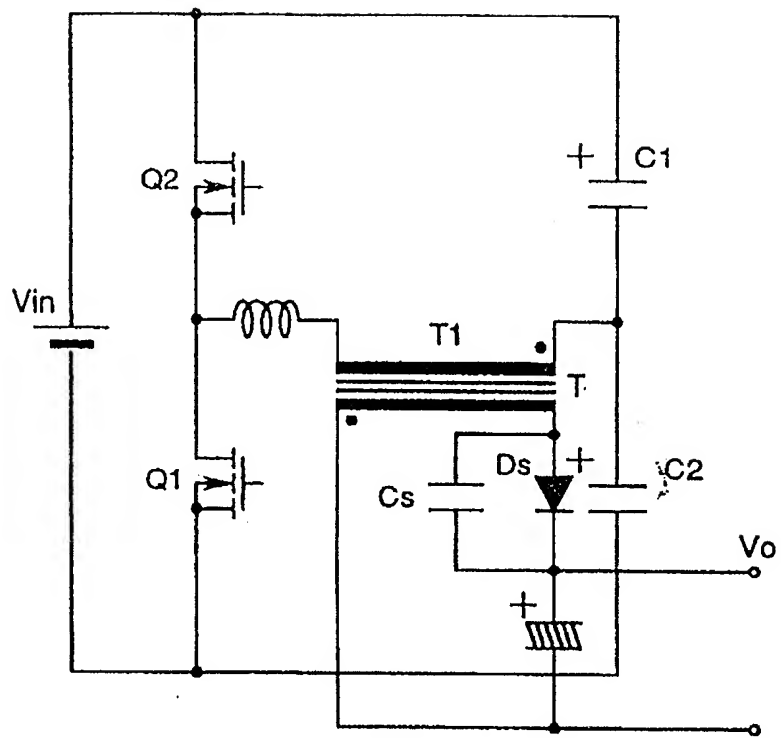


图 7

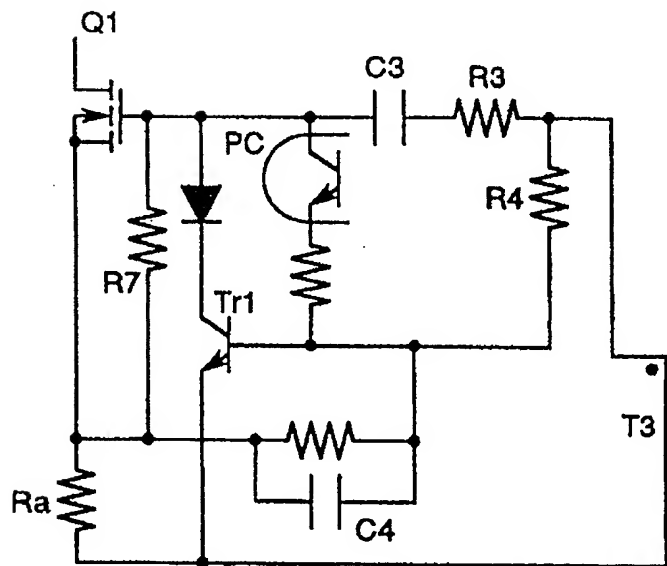


图 8

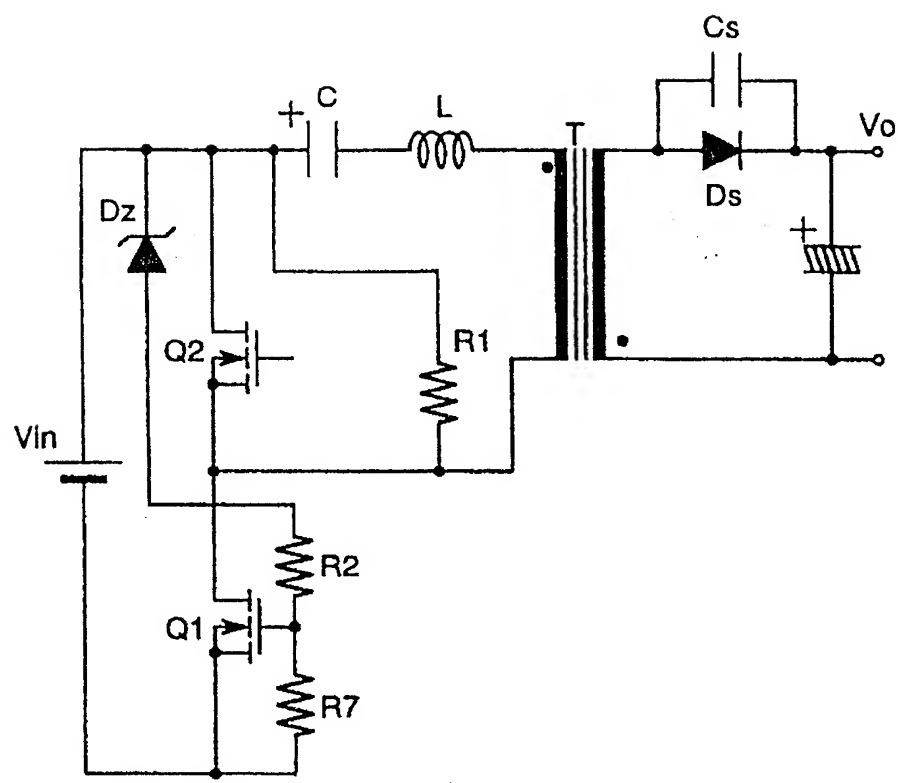


图 11